Aus der chirurgischen Klinik der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i. W. — Direktor: Prof. Dr. Hermann Coenen

Welche Veränderungen gehen im Knochengefüge des Fußes bei Belastung des Fußes mit dem Körpergewicht vor sich?

Eine röntgenologische Untersuchung des unbeschuhten und beschuhten Fußes in unbelastetem und belastetem Zustand

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der hohen medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i.W.

vorgelegt von

Josef Sebald

aus Dortmund (Westf.)

1935

Druck: Heinrich Pöppinghaus o. H.-G., Bochum-Langendreer.

Referent: Professor Dr. Walter.
Korreferent: Professor Dr. Coenen.
Dekan: Professor Dr. Klinge.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Westf.).

Übersicht:

	Seite
1. Einleitung	1
2. Technisches	3
3. Berechnung und Auswertung der Filme	6
4. Befunde	
a) Der unbeschuhte Fuß in paralleler Fußstellung	11
b) Der beschuhte Fuß in paralleler Fußstellung verglichen mit demselben unbeschuhten Fuß in gleicher Fußstellung	20
c) Der beschuhte und unbeschuhte Fuß in militärischer Grundstellung verglichen mit demselben beschuhten und unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung	23
5. Bewertung der Befunde	26
6. Pausen und Tabellen	29
7. Literaturverzeichnis	41
8. Lebenslauf	42

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555428_0069

G. Hohmann schreibt in seinem Buche „Fuß und Bein, ihre Erkrankung und deren Behandlung" als Einführung in das Kapitel „Bau und Funktion des Fußes und Beines": „Der menschliche Fuß ist eine Kunstform der Natur. Seinem Wesen nach ist er noch nicht völlig erkannt und erklärt, und es bedarf noch mancher wissenschaftlicher Forschung, bis dieses Gebilde in seiner Wesenheit uns völlig klar ist." Und an einer anderen Stelle heißt es dort: „Noch birgt der Fuß und seine Abweichungen vom Normalen manche Rätsel, und nur allmählich werden wir ihrer Auflösung näher kommen."

In der Tat zeigen sich bei der Untersuchung des Fußes große Schwierigkeiten, die man nur mit ausdauernder Mühe und Geduld überwinden kann. Die komplizierten und mannigfaltigen Veränderungen in der Lagebeziehung der einzelnen Fußknochen zueinander bei den verschiedensten Bewegungen erschweren es, das Gebilde des Fußes in seiner Wesenheit zu erkennen. Noch größer werden die Schwierigkeiten naturgemäß bei anormalem Bau des Fußes.

Eine restlose Klärung ist aber dringend notwendig, um mittels der Kenntnisse über normale und anormale Funktion des Fußes eine richtige Auswahl des besten Fußmaterials für Sport und Militär und für bestimmte Berufsarten treffen zu können, um durch richtiges Training beim Sport und richtiges Einexerzieren in der militärischen Ausbildung Schädigungen des Fußes zu vermeiden, durch bestes Training aber die besten Leistungen zu erzielen, um die Verletzungen des Fußes durch Sport oder durch andere Beanspruchung verursacht, einer richtigen Behandlung zuzuführen, bei normalem und pathologisch geformtem Fuß durch Überanstrengung hervorgerufene, schleichende Schäden zu vermeiden, um endlich die angeborenen Fußleiden durch eine Behandlungsweise, die auf Kenntnisse der Fußphysiologie beruht, beheben zu können.

Beim Laufen und Springen, beim Fußballspiel und beim Skisport werden die größten Anforderungen und die höchsten Leistungen vom Fuße ebenso verlangt, wie bei den militärischen Übungen, beim Marschieren und beim Parademarsch,

beim Patrouillieren und beim „Stillgestanden". In sportärztlichen und militärärztlichen Kreisen herrscht darum reges Interesse für die Klärung der mechanischen Vorgänge bei den Funktionen des Fußes.

Von verschiedenen Seiten wird behauptet, daß durch die Belastung des Fußes in Auswärtsstellung bei exerziermäßiger, militärischer Grundstellung der Vorfuß nach der Außenseite zu abgedrängt werde, wodurch die Bänder und Sehnen an der Innenseite des Fußgewölbes übermäßig beansprucht werden, so daß der Fuß sich abflachen kann. Dieses soll als Voraussetzung die Tatsache haben, daß die Gelenkspalten zwischen den Fußwurzelknochen sich entsprechend verbreitern. Über diese und andere Vorgänge in dem Knochengefüge des Fußes bei Belastung desselben mit dem gesamten Körpergewicht ist nur weniges bekannt und manches davon ungenau.

Um überhaupt das Wesen des Fußes mit seinen mannigfaltigen und komplizierten Veränderungen im Knochenmosaik bei seinen einzelnen Bewegungsformen kennen zu lernen, ist die Röntgenfotografie die Methode der Wahl. Die Röntgenaufnahme gestattet uns, exakte Untersuchungen am lebenden Menschen vorzunehmen, um die Veränderungen bei der Belastung im Gefüge der Knochen kennen zu lernen.

W. Engels und B. Baisch haben sich bei ihren Fußuntersuchungen auch des Röntgenapparates bedient. Hierbei haben sie folgende Resultate erzielt.

W. Engels findet bei seinen Röntgenuntersuchungen als einzige auffallende Veränderung, die durch die Belastung am normalen Fußskelett vor sich geht, eine Rotation des Naviculare, welche sich in der Seitenansicht infolge Tiefertretens der Tuberositas als bedeutende Zunahme des vertikalen Durchmessers, in der Aufsicht aus dem gleichen Grunde als Abnahme des Querdurchmessers zu erkennen gibt.

B. Baisch findet bei der Belastung des normalen Fußes „als Wesentliches eine gleichmäßige Verschiebung aller Teile nach unten, so daß keine Veränderung im Lageverhältnis der Knochen gegeneinander erfolgt, während im Gegensatz dazu beim Pes valgus im Verhältnis von Calcaneus, Talus und Naviculare Verschiebungen eintreten." Ferner beschreibt Baisch beim Plattfuß in der Ruhelage ein Klaffen des dorsalen Gelenkspaltes zwischen dem Talus und dem Naviculare, das durch Belastung des Fußes wieder verschwindet; ebenso beschreibt Baisch beim Pes planus ein Klaffen des plantaren Gelenkspaltes zwischen Cuboid und Calcaneus, das durch

das Plattliegen des Calcaneus durch die Belastung entstehen soll.

Außerdem gibt G. Hohmann an, daß ein starker Druck von oben das Fußgewölbe etwas abflache, so daß die plantaren Bänder angespannt werden und die dorsalen erschlaffen, sodann, daß die Belastung den Fuß etwas strecke.

Die eigenen Untersuchungen ergaben dagegen ein wesentlich komplizierteres Zusammenspiel der Fußknochen bei Belastung des Fußes mit dem Körpergewicht und keine volle Übereinstimmung mit den oben angeführten Befunden.

Es standen mir für die Untersuchung 5 Männer im Alter zwischen 20 und 30 Jahren zur Verfügung. Hierunter befanden sich 3 mit normal gebauten Füßen, einer mit Plattfuß leichten und einer mit Plattfuß schweren Grades. Von den 5 Männern wurden die Aufnahmen bei paralleler Fußstellung in voll belastetem und weniger belastetem Zustand gemacht. Von einem Soldaten wurden außerdem noch Aufnahmen in militärischer Grundstellung bei voller Belastung des Fußes und ferner Aufnahmen von ihm mit beschuhtem Fuß hergestellt.

Für die Röntgenaufnahmen habe ich mir stets den rechten Fuß vorgenommen und diese in zwei Ebenen, in der fibulo-tibialen und in der dorso-plantaren hergestellt, und zwar immer unter den gleichen Bedingungen, um vergleichbare Röntgenogramme zu erlangen.

Der Abstand der Röhre von der Kassette betrug 50 cm.
Die Stellung des Fußes in voll belastetem und weniger belastetem Zustand blieb unverändert.
Zentriert wurde bei der fibulo-tibialen Aufnahme eine Stelle, die ca. 2,5 cm über der Tuberositas metatarsi V lag und dem Mittelpunkt des Naviculare entsprach.
Bei der dorso-plantaren Aufnahme wurde ebenfalls die Mitte des Os naviculare zentriert.
Die dorso-plantaren Aufnahmen wurden auf einem Bucky-Tisch hergestellt.

Für die fibulo-tibialen Aufnahmen wurden 0,8 sec. bei 45 KW, 20 M mit Folien, für die dorso-plantaren Aufnahmen 2 sec. bei 50 KW, 100 M ohne Folien gebraucht. Für den beschuhten Fuß wurde die Röhre bei der fibulo-tibialen Aufnahme 1 Sek. mit 45 KW und 100 M, bei der dorso-plantaren 2,5 Sek. mit 50 KW und 100 M belastet. Bei den Aufnahmen mit der Buckyblende fielen die Folieneinlagen in der Kassette

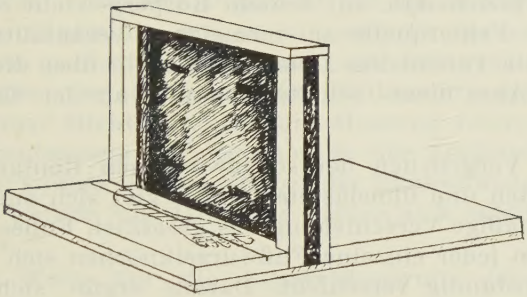
fort. Der Fuß wurde so nah wie möglich an die Kassette herangebracht, die Fußachse parallel zur Kassettenwand gelagert.

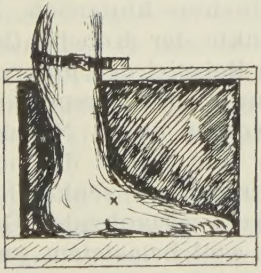
Zur Herstellung der fibulo-tibialen Aufnahmen ließ ich nach meinen Angaben ein Gestell anfertigen, das mir ermöglichte, die Kassetten zu wechseln, ohne die Stellung des Fußes zu verändern.

Das Gestell besteht aus einem Sockelbrett, in dem ein Holzrahmen lotrecht eingelassen ist, um die Kassette aufzunehmen. Der Rahmen ist so eingerichtet, daß die Kassette seitlich ein- und ausgeschoben werden kann. Der untere Kassettenrand kommt in dem Sockelbrett zu liegen. Der Rahmen teilt das Sockelbrett in zwei ungleiche Abschnitte. Der schmalere Abschnitt, auf dem der zu untersuchende Fuß zu stehen kommt, liegt auf der offenen Rahmenseite. In diesem schmaleren Teil des Sockelbrettes ist parallel zum Rahmen im Abstand von ungefähr 4 cm von der Kassettenvorderwand ein Stahlband eingelassen, das im Filmbild als Grundhorizontale erscheint. Der größere Abschnitt des Sockelbrettes ist so bemessen, daß der andere, nicht zu untersuchende Fuß auch in einem Winkel von über 45 Grad zum Kassettenrahmen auf das Sockelbrett aufgestellt werden kann. Am oberen Rahmenbrett ist ein Brettchen mit Riemen angebracht, womit der Unterschenkel leicht fixiert werden kann, um dem Patienten das Stillhalten des Beines zu erleichtern.

Die dorso-plantare Aufnahme wurde, wie oben erwähnt, auf einem Bucky-Tisch hergestellt. Auf die fronto-dorsale Aufnahme glaubte ich verzichten zu müssen. Bei dieser Aufnahmerichtung treten zu starke Überlagerungen von Projektionsschatten verschiedener Fußknochen und wegen zu großer Entfernungsdifferenz mir wichtiger Fußknochen von der Röntgenplatte zu grobe perspectivische Verzeichnungen auf. Ferner liegen die hauptsächlichsten Gelenke nicht in der Sagittal- oder Transversalebene, so werden die Gelenke bei der fronto-dorsalen Aufnahme nicht in ihrer Spaltrichtung getroffen, was für ihre Ausmessung wichtig ist.

In der fibulo-tibialen Aufnahme und in der entsprechenden dorso-plantaren besitzt man nun zwei Projektionen des Fußes in zwei zueinander senkrecht stehenden Ebenen. Die fibulo-tibiale ist der Aufriß und die dorso-plantare Aufnahme der Grundriß des Fußes. Diese beiden Aufnahmen kann man in mathematische Beziehung bringen, da beide Male das Naviculare zentriert wurde.





Es treten bei dieser Aufnahmeanordnung trotz aller Vorsichtsmaßnahmen noch einige geringe Fehler auf, die das Vergleichen der fibulo-tibialen Aufnahmebilder mit den Bildern aus dorso-plantarer Aufnahmerichtung erschweren. Es gelingt kaum bei der fibulo-tibialen und bei der dorso-plantaren Aufnahme beidemal genau den gleichen Punkt zu zentrieren. Ferner fällt es oft dem Patienten schwer, den Fuß stets gleichmäßig und gleichstark mit seinem Körpergewicht zu belasten. Um letztere Fehlerquelle zu vermeiden, veranlaßte ich den Patienten, die Tuberositas tibialis senkrecht über die Fußachse zu lagern. Aber dieses scheiterte häufig an der Eigenart des Patienten.

Beim Vergleichen der so gewonnenen Röntgenogramme vom belasteten und unbelasteten Fuß ergibt sich zunächst, daß eine gleichmäßige Verschiebung des gesamten Fußes nicht auftritt, sondern jeder einzelne Fußwurzelknochen sich mehr oder weniger selbständig verschiebt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Lageveränderung jedes einzelnen Fußwurzelknochens zu untersuchen. Dies geschieht dadurch, daß man die Filmbilder ausmißt und die gefundenen Werte vergleicht.

Die Ausmessung des fibulo-tibialen Filmbildes stellte ich am Lichtkasten folgendermaßen an: Über den Film deckte ich einen Bogen durchsichtigen Papiers mit Millimetereinteilung und orientierte sie zum horizontalen Schattenstreifen, den ein im Sockel meines Gestells angebrachtes, wagrecht verlaufendes Stahlband bei der Aufnahme hinterließ. Ich maß den Abstand charakteristischer Punkte der Knochenfigur von der Grundhorizontalen, wie zum Beispiel den untersten oder den obersten Rand der Knochenkontur oder vorspringende Zacken und Gelenkkanten, die ich vorher durch Nadelstiche auf dem Film gekennzeichnet hatte und ferner die horizontale Entfernung von einer zur Grundhorizontalen senkrecht durch den äußersten Punkt des Fersenhöckers verlaufenden Geraden. Die Differenz der Meßergebnisse bei voll belastetem und weniger belastetem Fuß ergaben die Lageveränderungen der Fußknochen in der sagittal gestellten Projektionsebene in Millimeter.

Um den Wert, um den sich der Fußknochen bei der Belastung in der Filmprojektion gedreht hat, zu finden, wurde über den Film eine durchsichtige Pause des anderen Filmes gelegt und die beiden betreffenden Fußknochenkonturen zur Deckung gebracht. Der Winkel, den die sich überschneidenden

Grundlinien bildeten, ergab den Wert, um den sich der Fußknochen gedreht hatte.

Für die Ausmessung des dorso-plantaren Bildes mußte ich mir eine Richtlinie konstruieren, die ich durch zwei zueinander und überhaupt unverrückbare Punkte zog, welche auch als Fußachse angesprochen werden darf, oder wenigstens mit dieser nie fest bestimmbaren Achse keinen nennenswerten Winkel bildet. Der eine Punkt ist der am meisten medial gelegene des Capitulum oss. metatarsalis II, der andere ist der am meisten medial gelegene Punkt der Basis oss. metatarsalis II. Das über den Film gedeckte Millimeterpapier orientierte ich zu dieser Richtlinie, und die Messung bezog ich auf sie. Die Winkeldrehung der Knochen in der horizontalen Projektionsebene konnte wieder wie bei der fibulo-tibialen Aufnahme gemessen werden mit Hilfe der beiden sich überschneidenden Richtlinien.

Die Werte für die Lageveränderung der Fußknochen zueinander bekam ich durch Addition und Subtraktion der gefundenen Differenzen, Addition bei Veränderung in umgekehrtem, Subtraktion bei Veränderung im gleichen Sinne. Zur Erläuterung will ich folgendes Beispiel anführen:

Die obere Gelenkkante des Taluskopfes in der fibulotibialen Aufnahme hat sich durch Belastung des Fußes von 84,5 auf 69,5 mm um 15 mm der Grundlinie genähert. Die obere Kante der Gelenkfläche des Naviculare, die dem Taluskopf entspricht, hat sich von 82 mm auf 71 mm um 11 mm zur Grundlinie geneigt. Die relative Verschiebung der beiden Kanten dieser Fußknochen hat in gleichem Sinne stattgefunden und beträgt 15 mm weniger 11 mm = 4 mm. In diesem Fall sind die Kanten in der Projektionsebene aneinander vorbeigeglitten. Es haben sich also Talus und Naviculare durch die Belastung gesenkt, der Talus stärker als das Naviculare, was 4 mm ausmacht.

Zur Berechnung von Drehungswerten in der Lageveränderung der Knochen zueinander verfährt man für die Projektionsebene in gleicher Weise. Den gemeinsamen Drehpunkt für die relative Lageveränderung zweier Fußknochen in der Projektionsebene bekam ich ungefähr folgendermaßen:

Über einen Film legte ich eine Konturenpause des entsprechenden Belastungsbildes und versuchte die Kontur eines Fußknochens im Filmbilde mit derselben des Pausenbildes zur Deckung zu bringen. Dabei stellte sich heraus, daß die Konturen nicht mehr einander kongruent waren, was darauf be-

ruhte, daß der Fußknochen sich noch in anderen Richtungen, als in der Richtung, in welcher die Projektionsebene lag, gedreht hatte. Verband ich nun einen durch das Papier hindurchscheinenden, bezeichneten Punkt eines benachbarten Fußknochens, von dem ich die Lageveränderung zum anderen überdeckten Knochen wissen wollte, mit dem gleichen Punkt auf der Konturenpause und errichtete die Mittelsenkrechte auf dieser Verbindungslinie, tat das gleiche mit einem oder mehreren anderen bezeichneten Punkten desselben Knochens, so mußten die Schnittpunkte der Mittellinien in einem Punkt zusammenfallen, welcher der gesuchte Drehpunkt war. Dieses traf aber keineswegs ein, weil der bezeichnete Punkt, der in unbelastetem Bilde vielleicht in der Projektionsebene lag, im Belastungsbild infolge Drehung in noch anderen Richtungsebenen, aus der Projektionsebene heraus gerückt war. Wollte ich exakt mathematisch vorgehen, so hätte ich durch die Mittellinien meiner Verbindungslinien die Ebenen legen müssen, die senkrecht die Verbindungslinien schnitten. Drei dieser Ebenen würden sich wahrscheinlich in einem Punkte schneiden. Zu diesem zeichnerischen, geometrischen Vorgehen hätte ich noch zwei weitere, zueinander senkrecht stehende Projektionsebenen nötig, um den räumlichen Drehpunkt aufzusuchen.

Mir war es aber nur möglich, den Fuß in zwei Projektionsebenen im Röntgenfilm festzuhalten, in der fibulo-tibialen und in der dorso-plantaren Aufnahme. Es fehlt mir aus den vorher angegebenen Gründen eine dritte brauchbare, die fronto-dorsale Aufnahme. Es ist mir also unmöglich, mathematisch genau den Drehpunkt für die Bewegungen der Fußknochen im Raume festzustellen.

An dieser Stelle ist es wohl angebracht, noch eine irrige Darstellung der Literaturangabe zu berichtigen. Die Bewegungen der Fußwurzelknochen vollziehen sich nicht um eine Achse, wie Baisch es zum Beispiel vom Talus behauptet, sondern um einen Drehpunkt.

Der Talus soll sich um eine Achse drehen, die in der Richtung dorsal-medial nach plantar-proximal-lateral verläuft und um die der Talus die drei Raumbewegungen vollzieht: Pronation mit Abduktion und Aufwärtsbewegung und die entgegengesetzten Bewegungen: Supination mit Abduktion und Plantarsenkung. Diese Bewegungen können aber nur um einen Drehpunkt ausgeführt werden.

Als weiteren Beweis dafür kann ich anführen, daß in den Konturenbildern der Fußknochen des belasteten und unbelasteten Fußes für beiderlei Aufnahmerichtungen sich kein unveränderter Durchmesser auffinden läßt, der die projizierte Achse darstellen müßte. Ganz besonders augenscheinlich gilt dieses alles für den Talus und das Naviculare.

Um aber einen Anhalt für die Lage des Drehpunktes zu bekommen, legte ich über den Film und die ihn überdeckende Konturenzeichnung noch die Konturenpause eines Fußknochens, der dem in Film und Konturenzeichnung zur Deckung gebrachten Fußknochen benachbart war. Diese Kontur brachte ich mit der entsprechenden Filmkontur zur Deckung, fixierte dann die durchsichtige neue Konturenpause mit einer Nadel im Schnittpunkt der vorhin gezogenen Mittellinien und ließ dann dieses Pausbild um den Fixpunkt sich so weit drehen, bis es sich mit der Konturenzeichnung deckte. War dieses der Fall, so hatte ich den wirklichen Drehpunkt gefunden. Wenn es nicht gelang, versuchte ich in seiner Nähe durch Probieren den Drehpunkt zu gewinnen. Auf diese Weise erzielte ich auch den Drehpunkt auf der anderen Filmprojektion. Die Vereinigung beider Resultate ergab mir dann die ungefähre Lage des relativen Drehpunktes im Raume.

Für jeden anderen Nachbarknochen mußte ich den gleichen Weg wählen, um hierfür den relativen Drehpunkt zu erlangen. Durch Kombination sämtlicher, einzelner Vorgänge in den beiden Projektionsebenen kann man sich nun eine ungefähre räumliche Vorstellung machen, welche komplizierten Vorgänge in dem Knochengefüge vor sich gehen, wenn ein möglichst wenig belasteter Fuß durch das Körpergewicht stark belastet wird, wie es beim Gehen, Stehen und Laufen der Fall ist.

Besondere Schwierigkeiten bereitete auch das Ausmessen der Gelenkspalten, von denen insbesondere der des Talonaviculare und der des Calcaneo cuboid in Frage kommt. Sowohl bei der fibulo-tibialen Aufnahme, als auch bei der dorso-plantaren Aufnahme wird der Gelenkspalt, der keinesfalls plane oder symmetrische Ebenen aufweist, insgesamt in Spaltrichtung auf den Film projiziert; dadurch entstehen verschiedentliche Überschneidungen. Ferner muß man auch wohl bedenken, daß die Gelenkflächen der Knochen nicht gleichmäßig dick mit einer Gelenkknorpelschicht überzogen sind, und da der Knorpel uns keinen Schatten im Bilde gibt, können wir überhaupt nicht erfahren, wie breit, oder ob ein räumlicher

Spalt vorhanden ist, oder vorübergehend auftritt. Ereignet es sich, daß der Gelenkspalt durch die Belastung in eine andere Winkelbeziehung zur Aufnahmerichtung kommt, so kann angenommener Weise der unveränderte Gelenkspalt in der Projektion breiter erscheinen, und unter umgekehrten Verhältnissen sich verschmälern. Bessere Ergebnisse hat man, wenn die sich entsprechenden Ränder und Kanten der Gelenkflächen in ihrer gegenseitigen Beziehung bei Veränderung in der Belastung betrachtet werden. Durch das Aneinandervorbeigleiten und sich Entfernen der Gelenkränder werden die über sie hinwegziehenden und die an sie ansetzenden Gelenkbänder beansprucht. Man kann sich vorstellen, daß so bei übermäßiger Beanspruchung durch stärkere Verschiebung Beschwerden herbeigeführt werden, daß aber auch andererseits bei Minderwertigkeit der Bänder größere Verschiebung in der Lagebeziehung der Knochen zueinander auftreten können und auf diese Weise Beschwerden verursachen.

Welche Veränderungen in der Lagebeziehung des Knochenmosaiks des Fußes treten denn überhaupt auf, wenn der Fuß aus geringstem Belastungszustand durch das gesamte Körpergewicht stärker belastet wird? Dazu verfolgen wir in Zeitlupe die Fortpflanzung und Verteilung des Druckes, den das Körpergewicht bei der Belastung des Fußes auf die einzelnen Knochen von proximal distalwärts ausübt, ohne behaupten zu wollen, daß dieses der zeitliche Verlauf in der Lageveränderung des Knochengefüges überhaupt wäre. Im Gegenteil, ich bin der Ansicht, daß sowohl von den Unterstützungspunkten, als auch von der Malleolengabel aus zu gleicher Zeit das Kräftespiel des Druckes und Gegendruckes einsetzt und auch wieder nachläßt.

In folgender Ausführung wird zunächst die Lageveränderung der Fußknochen infolge stärkerer Belastung bei unbeschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung dargelegt. Die einzelnen Werte, die bei den fünf Untersuchungsfällen gefunden wurden, werden nebeneinander aufgeführt. Die Werte der drei Fälle mit normal gebautem Fuß werden den Werten der zwei Plattfußfälle gegenüber gestellt. Bei einem Fall von Plattfuß konnte ich leider eine dorsoplantare Aufnahme nicht erreichen. Es fehlen mir also die Werte für diese Aufnahmerichtung. Dann folgt die Gegenüberstellung der Lageveränderungen im Knochengefüge, die beim beschuhten und unbeschuhten Fuß durch die Belastung auftreten. Zum Schluß werden die Resultate des beschuhten und

unbeschuhten Fußes bei Belastung in militärischer Grundstellung mit den Resultaten des beschuhten und unbeschuhten Fußes, die durch die Belastung des Fußes in paralleler Fußstellung gewonnen wurden, verglichen.

Da nun jeder Fußknochen infolge seiner besonderen Funktion durch den Belastungsdruck auch individuell beansprucht wird, erfährt er auch eine besondere Lageveränderung im Knochenverband des Fußes. Es muß somit jeder Knochen in seiner Lageveränderung zuerst für sich allein und dann in Beziehung zu den benachbarten Fußknochen betrachtet werden. Wird nun die Körperlast auf das Standbein verlagert, so gehen folgende Veränderungen in der Lagebeziehung der Fußknochen vor sich.

Der unbeschuhte Fuß in paralleler Fußstellung.

Die Malleolengabel.

Durch die Belastung rückt die Malleolengabel, wie es die fibulo-tibiale Aufnahme zeigt, zur Grundlinie herunter. Dabei weichen die Fußknochen aus, und das Sohlenpolster wird wie ein Wasserkissen zusammen- und seitlich unter den Fuß hervorgepreßt. Das Herabsinken der Malleolengabel steht aber in keinem Verhältnis zu dem Nachgeben des Sohlenpolsters. Beim normalen Fuß beträgt die Dickenabnahme des Sohlenpolsters unter der Ferse 1,5, 4, 2,5, beim Plattfuß 3,5 und 1,5 mm. Die Malleolengabel senkt sich dagegen beim normalen Fuß um 2, 5,9, 4,4, beim Plattfuß sogar um 8,9 und 7 mm. Beim Plattfuß ist das Absinken der Fußgabel also Stärker als beim normalen Fuß.

Ferner rückt die Malleolengabel von der Ferse weg zur Fußspitze hin. Diese Bewegung ist bei den Plattfüßen stärker und beträgt 4,7 und 3 mm. Beim normalen Fuß beträgt sie dagegen 0, 1 und 3 mm. Bei dieser Bewegung gleitet die Tibia nur um ein geringes auf der Trochlea tali vorwärts und zwar um 0, 0,5, 1, 0,7 und 0 mm. Der Talus rückt mit der Malleolengabel nach vorn. Als Endbewegung macht die Malleolengabel noch eine Innenrotation. Die Fibula gelangt dadurch weiter in den Tibiaschatten hinein und entfernt sich stärker von der

Ferse als die Tibia um den Mehrbetrag von 5, 2,5, 2,5, beim Plattfuß um 7 und 9 mm. Diese Innenrotation macht der Talus in der Malleolengabel ebenfalls mit.

Der Talus.

Der Unterschenkel stellt die Kraftrichtung dar, in der die Körperlast auf den Fuß einwirkt. Die Malleolengabel übermittelt den Druck der Körperlast dem Talus. Der Talus reagiert auf den Belastungsdruck mit einer Lageveränderung, die sich aus folgenden Hauptbewegungen ergibt. Der Talus gleitet vorwärts und abwärts, sinkt dabei mit dem Kopf stärker nach unten als mit dem Körper, keilt sich zwischen dem Calcaneus und dem Naviculare ein, dreht sich sodann einwärts im Sinne einer Innenrotation und vollzieht dazu noch eine Pronationsbewegung.

Der Talus rückt von der Ferse weg nach vorn um den Betrag von 0, 0,5 und 2, beim Plattfuß um 4 und 3 mm. Die Trochlea sinkt um 1,5, 5,4 und 4,5, beim Plattfuß um 8,3 und 6 mm zur Grundlinie; dagegen neigt sich der Kopf des Talus um 2,5, 7.8 und 7,4, beim Plattfuß sogar um 15 und 10,5 mm. Das Vorwärtsgleiten, Senken und Neigen des Talus vollzieht sich in der Richtung der Sagittalebene und ist erkennbar aus meiner fibulo-tibialen Aufnahme.

Diese dreierlei Bewegungen werden durch eine Drehbewegung des Talus in Richtung der sagittalen Ebene bewirkt, wobei der Drehpunkt 1 bis 2 cm über dem Tuber calcanei oder 2 bis 3 cm rückwärts vom Tuber oder auch im hinteren Teil des Tubers zu finden ist. Dieser Drehpunkt ist von geringerem Wert für die Funktion des Fußes; Bedeutung hat dagegen der relative Drehpunkt des Talus in bezug zum Calcaneus und Naviculare. Die Drehungswerte betragen 2, 5 und 4 Grad für den normalen Fuß, für den Plattfuß 10 und 6 Grad.

In der fibulo-tibialen Filmprojektion erkennt man noch eine Abnahme des Talus-Durchmessers in sagittaler und vertikaler Richtung. Die Abnahme des sagittalen Durchmessers beträgt 0,5, 1,5, 1,5, 5 und 2 mm. Dieses deutet auf eine Innenrotation hin. Aus der Abnahme des vertikalen Durchmessers läßt sich eine Pronationsbewegung folgern. Die Werte für die Abnahme des vertikalen Durchmessers schwanken bei meinen 5 Fällen zwischen 0,5 und 1,5 mm.

Die Innenrotation erkennt man deutlicher auf der dorsoplantaren Filmprojektion. Die laterale Gelenkkante des Talus-

kopfes gewinnt durch die Innenrotation größeren Abstand von der lateralen Gelenkkante der Articulatio cuboidea des Calcaneus im Werte von 0,5, 3,8, 2 und für den ersten Fall von Plattfuß von 10 mm. Die Drehungswerte der Innenrotation in Richtung der horizontalen Ebene lassen sich mit Hilfe der Richtlinien auf 4,5, 5, 7 Grad und für den Plattfuß auf 26 Grad errechnen. Der Drehpunkt liegt für die Innenrotation ungefähr in der Mitte des Taluskopfes.

Der Calcaneus.

Vom Talus aus verteilt sich der Belastungsdruck auf den Calcaneus und auf das Naviculare, wobei der Druck, der auf den Calcaneus ausgeübt wird, zur Druckbelastung des Kahnbeines schätzungsweise im Verhältnis von 1 zu 0,65 steht. Dieses Verhältnis der Druckverteilung erlangt man durch folgende Überlegung. Den Fuß kann man als Winkelhebel ansehen und die Hebelgesetze auf ihn anwenden. Der Calcaneus gehört zum kurzen Hebelarm, während der Vorfuß den langen Hebelarm darstellt. Das Verhältnis des kurzen Hebelarmes zum langen ist ungefähr 0,65 zu 1.

Der Calcaneus senkt sich durch den Belastungsdruck beim normalen Fuß mit der Ferse stärker, beim Plattfuß dagegen stärker mit seinem vorderen Anteil. Es senkt sich der Tuber des Calcaneus um 1,5, 4, 2,5, 3,5 und 1,5 mm zur Grundlinie. Die untere Gelenkkante der Articulatio cuboidea des Calcaneus nähert sich bei den zwei Fällen von Plattfuß um 5 mm der Grundlinie, bei Numero zwei und drei um 2 und 4 mm. Beim ersten Fall vom normalen Fuß hebt sich sogar die Gelenkkante um 0,8 mm.

Diese Lageveränderung des Calcaneus kann auch wieder durch eine Rotation in Richtung der sagittalen Ebene ausgeführt werden. Die Drehungswerte betragen hierfür 1, 0,5, 1,5, 1,9 und 2,5 Grad. In Fall eins und zwei dreht sich das Fersenbein bei der fibulo-tibialen Ansicht im entgegengesetzten Sinne der Uhrzeigerdrehung, in den anderen Fällen dreht es sich im Sinne der Uhrzeigerdrehung. Der Drehpunkt für diese Rotation liegt ungefähr 1 bis 7 cm hinter der Ferse.

Der größte sagittale Durchmesser des Calcaneus hat im ersten Fall von normalen Fuß um 1,5 mm zugenommen. Der Calcaneus rotiert einwärts und stellt sich in die sagittale Richtung. Im ersten Fall von Plattfuß hat der Durchmesser abgenommen. Der Calcaneus hat sich stark einwärts gedreht.

Ferner ist noch eine Abnahme des vertikalen Durchmessers zu verzeichnen. Die Abnahme des Durchmessers deutet auf eine Pronationsbewegung hin. Die Abnahme des vertikalen Durchmessers ist beim normalen Fuß sehr gering, beim Plattfuß beträgt sie 2 und 1,5 mm. Der Calcaneus hat in Beziehung zur Richtlinie in der horizontalen Ebene, wie schon bei der Veränderung des sagittalen Durchmessers erwähnt ist, eine Innenrotation von 3, 0,7, 3.5 und 15 Grad ausgeführt.

Der Talus in Beziehung zum Calcaneus.

Durch Kombination sämtlicher Einzelbewegungen des Talus und des Calcaneus bekommt man nun die relative Lageveränderung dieser beiden Fußknochen zueinander, die als Rotation um einen gemeinsamen Fixpunkt aufzufassen ist. Der Drehpunkt, um den die Lageveränderung des Talus zum Calcaneus vor sich geht, liegt in den einzelnen Fällen ganz verschieden. In Fall I liegt der Drehpunkt 2 cm unterhalb der höchsten Stelle der Trochlea ungefähr in der Mitte des Taluskörpers. Im II. Fall befindet sich der relative Drehpunkt ungefähr 1,5 cm rückwärts vom Processus posterior tali in der Nähe meiner Richtlinie, im IV. Fall liegt er 2 bis 3 cm unter dem Prozessus und ca. 2 cm medial von der Richtlinie. In Fall III liegt der Drehpunkt ähnlich wie im ersten Fall, doch weiter medial, im V. Fall liegt er fast ebenso, doch etwas mehr rückwärts.

Der Talus und der Calcaneus haben sich um ihren gemeinsamen Drehpunkt gegeneinander um folgende Werte gedreht: 3, 4,5, 2,5, 8 und 3,5 Grad in Richtung der sagittalen Ebene, 1,5, 4,3, 3,5 und 11 Grad in Richtung der horizontalen Ebene. Der Wert für den zweiten Plattfuß fehlt mir. Ebenso habe ich keinen Anhaltspunkt, um die Pronationsbewegung in Grad zu messen.

Um die komplizierte Bewegung, die die beiden Fußknochen zueinander ausführen, etwas zu veranschaulichen, kann man den Calcaneus als Schraube und den Talus als Teil einer Schraubenmutter nehmen. Läßt man das Schraubenmuttersegment eine Schraubendrehung von etwa 15 Grad ausführen, so bewirkt man eine geringe Vorwärtsbewegung und eine stärkere Drehbewegung des Talus um die Schraube, den Calcaneus. Die Drehung kann als Pronationsbewegung angesprochen werden.

Zu dieser Pronations- und Vorwärtsbewegung kommt noch eine Innenrotation und ein Abwärtsneigen des Talus zum Calcaneus. Hierdurch wird die obere Kante des Calcaneus, die durch die vordere Gelenkfläche und die Gelenkfläche für das Würfelbein gebildet wird, bei der fibulo-tibialen Aufsicht stärker überlagert. Die Überlagerung der Projektionsschatten beider Fußknochen nimmt in vertikaler Richtung um 2, 2,5, 1,2, 6,5 und 3 mm zu. Der Sinus tarsi, gebildet vom Sulcus calcanei und Sulcus tali, wird durch die Lageveränderung des Talus in vertikaler Richtung verschmälert und in sagittaler Richtung verkürzt. Der größte sagittale Durchmesser des Sinus tarsi nimmt durch die Belastung um 1,5, 3,5, 3,8, 14,5 und 5 mm ab, der vertikale Durchmesser um 1,5, 2,3, 2,2, 5 und 3 mm.

Der Gelenkspalt des oberen und unteren Sprunggelenkes scheint, durch die Belastung sich weder verengert noch verbreitert zu haben. Zwar sind die Berührungsflächen in den Gelenken andere geworden, und die Gelenkränder haben sich gegeneinander verschoben. Im oberen Sprunggelenk beträgt der Knochenabstand z. B. an der oberen Konvexität bei geringer Belastung 3, 3, 2,7, 2,4 und 3 mm, bei starker Belastung 2,8, 3, 2,7, 2,3 und 3 mm.

Das Naviculare.

Das Naviculare ist in den langen Hebelarm des Fußes eingeschaltet und übernimmt den Belastungsdruck für den Vorfuß vom Talus, um ihn auf die drei Keilbeine und auch auf das Würfelbein weiter zu leiten. Auf die Belastung antwortet das Naviculare mit einer Pronationsbewegung, verbunden mit einem Herabsinken zur Grundlinie und einer Innenrotation.

Aus der Zunahme des größten vertikalen Durchmessers kann man auf die Pronationsbewegung des Kahnbeins schließen. Die Zunahme beträgt 2, 2,7, 1,2, 6,8 und 2,5 mm. Das Kahnbein senkt sich zur Grundlinie um 2, 5,8, 6,2, 11 und 9 mm. Dieser Betrag ist geringer als der, um den sich der Kopf des Talus zur Grundlinie neigt.

Bei der fibulo-tibialen Ansicht kann man noch eine Drehung des Kahnbeins erkennen, die sich im Sinne der Uhrzeigerdrehung vollzieht. Die Werte sind hierfür 1,3, 0,5, 1, 0,5 und 3 Grad. Der Drehpunkt liegt ungefähr im Taluskopf. Sodann macht das Kahnbein noch eine Innenrotation, die ebenfalls geringer ausfällt wie beim Talus. Sie beträgt 2,5, 1, 2,7

und 5 Grad. Der Drehpunkt ist ebenfalls im Taluskopf zu suchen.

Das Naviculare in Beziehung zum Talus.

Bringt man die Raumbewegung des Os naviculare in Beziehung zum Talus, so hat die relative Bewegung des Naviculare die entgegengesetzte Richtung wie die vorhin geschilderte. Das Os naviculare sinkt nicht herab, es steigt vielmehr am Taluskopf aufwärts. Aus der Innenrotation wird eine relative Außenrotation. Die oberen Gelenkkanten der sich entsprechenden Gelenkflächen beider Fußknochen schieben sich um den Wert von 0,5, 1,8, 1,7, 4,5 und 1,5 mm aneinander vorbei. In Richtung der sagittalen Ebene dreht sich das Kahnbein zum Sprungbein auf dem Kopf desselben um 0,7, 4.5, 3, 9,5 und 3 Grad aufwärts. Das Kahnbein bleibt um die Werte von 2, 4, 4,3 und 16,5 Grad bei der Innenrotation zurück. Der gemeinsame relative Drehpunkt wird ungefähr bei allen 5 Fällen in der Mitte des Taluskörpers gefunden, um den sich dann die resultierende Drehbewegung vollzieht.

Weder im fibulo-tibialen noch im dorso-plantaren Filmbild kann ich eine allgemeine oder teilweise Verengerung oder Verbreiterung des Gelenkspaltes in der Articulatio talonavicularis finden. Zu diesem Resultat komme ich sowohl durch Ausmessen des Spaltes im Filmbild, als auch durch das Vergleichen exakter Pausen von den Filmbildern des belasteten und unbelasteten Fußes miteinander, indem ich die durchsichtigen Pausen übereinanderlegte und versuchte, die Gelenkspalten zur Deckung zu bringen.

Das Cuboid.

Das Os cuboideum bekommt den Belastungsdruck vom Calcaneus und auch noch vom Os naviculare übermittelt. Durch die Beanspruchung entfernt sich das Würfelbein einmal um 1,4 mm von der Grundfläche; bei den anderen 4 Fällen sinkt das Würfelbein um 2, 2,3, 2,7 und 3,5 mm zur Grundfläche herab. Bei der fibulo-tibialen Ansicht des Filmbildes erkennt man eine Drehung des Würfelbeins, die sich in einem Fall im umgekehrten Sinn der Uhrzeigerdrehung vollzieht und 2 Grad beträgt. In den anderen Fällen geschieht die Bewegung im Drehungssinn des Uhrzeigers und beträgt 0,5, 4,5. 1 und 4 Grad.

Durch die Belastung entfernt sich das Würfelbein von der Richtlinie lateralwärts, wie es die dorso-plantare Filmprojektion zeigt, um 2, 2, 3 und 8,8 mm. Im gleichen Filmbild erkennt man noch eine Drehung des Würfelbeins im Drehungssinn des Uhrzeigers von 2,5, 2, 1,5 und 5 Grad. Der Drehpunkt für die resultierende Bewegung liegt lateral von der Richtlinie des dorso-plantaren Filmbildes im vorderen Drittel des Fersenbeinkörpers.

Der Calcaneus in Beziehung zum Cuboid.

Die relative Lageveränderung des Cuboids, die Veränderung der Lagebeziehung des Cuboids zum Calcaneus, besteht in einer Außenrotation und einem geringen Heraufrücken des Würfelbeins an dem vorderen Endstück des Fersenbeins. Beim zweiten Fall von Plattfuß sinkt zwar das Cuboid um 2 mm stärker nach unten als das vordere Endstück des Calcaneus.

Die Gelenkkanten des Calcaneus und des Cuboids in der Articulatio calcaneocuboidea verschieben sich durch die Belastung gegeneinander. Die plantare Kante des Os cuboideum senkt sich nicht so stark zur Grundlinie, wie die des Calcaneus. Dadurch verringert sich der Kantenabstand durchschnittlich um ½ mm. Der plantare Abschnitt des Gelenkspaltes in der Articulatio calcaneocuboidea beim unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung hat nur geringe Tendenz sich zu verschmälern. Es handelt sich hierbei nur um Bruchteile eines Millimeters.

Durch die Außenrotation des Cuboids rückt seine laterale Gelenkkante in der Articulatio calcaneocuboidea von der entsprechenden Gelenkkante des Calcaneus lateralwärts fort, wodurch der Kantenabstand um Bruchteile eines Millimeters vergrößert wird. Der laterale Gelenkspalt der Articulatio calcaneocuboidea hat ebenso wie der plantare geringe Tendenz sich bei gleichen Bedingungen zu verengern. Am geringsten ist diese Veränderung in Fall I, am stärksten ist der Ausschlag beim Plattfuß, bei dem eine Abduktion des Vorfußes zustande kommt. Durch Messungen ist die Verengerung des Gelenkspaltes schlecht zu erfassen, desgleichen sie in Zahlen festzulegen. Dagegen gelingt es die Verengerung aus meinen Pausen gut zu erkennen.

Die Cuneiformia.

Vom Os naviculare pflanzt sich der Belastungsdruck auf die drei Cuneiformia fort. Die Cuneiformia werden durch die Belastung ebenfalls zur Grundlinie herabgedrängt. Aus der fibulo-tibialen Aufnahme sieht man, daß sich das Keilbein I stärker zur Grundlinie senkt als Keilbein II. Keilbein I rückt um 2, 5,5, 5,2, beim Plattfuß um 13 und 7,5 mm zur Grundlinie herunter, Keilbein II dagegen um 1, 4,2, 4,6, beim Plattfuß um 10,5 und 6 mm. Es dreht sich sodann das Keilbein bei der fibulo-tibialen Ansicht im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers um 2, 0,3, 0,5, 2 und 2,5 Grad. Der größte vertikale Durchmesser der Keilbeinschatten hat im Röntgenbild infolge der Belastung um 2, 0, 0,4, beim Plattfuß um 13,8 und 1 mm zugenommen, woraus man eine Pronation der Keilbeine folgern kann, die einen Zusammenschluß der Mittelfußknochen bewirkt.

Ferner rückt, wie die dorso-plantare Aufnahme zeigt, Keilbein I mit dem proximalen Ende um 0,9, 1,9, 2, beim Plattfuß um 8 mm lateralwärts, mit dem distalen Ende dagegen um 0,2, 0,3, 2 und 4,5 mm. Das bedeutet eine Drehung des Keilbeins im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers um 1,5, 1, 2,5 und beim Plattfuß um 10 Grad. Es kommt dadurch eine mediale Einschnürung der Mittelfußknochen zustande.

Die Ossa metatarsalia.

Der Belastungsdruck geht endlich von den Ossa cuneiformia und dem Os cuboideum auf die Ossa metatarsalia über und erfährt seinen Gegendruck in der Auftrittsfläche der Köpfchen der Mittelfußknochen.

Durch die Belastung sinkt Metatarsus I mit der Basis um 2, 4,4, 4,3, beim Plattfuß um 9 und 12 mm zur Grundlinie herab, mit dem Köpfchen aber bei Fall I um 3,5, bei den übrigen Fällen dagegen um 0,5, 1,5 und beim Plattfuß nur um 4,5 und 4 mm. Es dreht sich also der Mittelfußknochen I bei fibulo-tibialer Ansicht in Fall I im Sinne der Uhrzeigerdrehung um 1,5 Grad, bei den anderen Fällen im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers um 2, 2,5, beim Plattfuß um 6 und 4 Grad.

Metatarsus V entfernt sich mit dem proximalen Ende bei Fall I um 6 mm und bei Fall II um 1 mm von der Grundlinie. In den anderen Fällen sinkt die Tuberositas

metatarsi V um 1 mm zur Grundlinie herab. Es dreht sich in Fall I Metatarsus V im Drehungssinn des Uhrzeigers um 4 Grad. In den anderen Fällen dreht sich Metatarsus V ungefähr um 1 Grad. Der Drehpunkt liegt für diese Bewegung vor den Köpfchen der Mittelfußknochen.

Aus der dorso-plantaren Filmprojektion erkennt man ebenfalls eine Drehbewegung des Metatarsus I, die im Fall I im Drehungssinn und in den übrigen Fällen im umgekehrten Sinn des Uhrzeigers vor sich geht. Die Drehbewegung beträgt 1,4, 0,5, 1,5 und 4 Grad. Durch die Drehung des Metatarsus I nähert sich seine Basis um 1, 0, 0,7 und 1 mm der Richtlinie, dagegen rückt das Köpfchen bei Fall III und IV medialwärts im Sinne eines Spreizfußes um 0,4 und 2 mm von der Richtlinie fort. In Fall I rückt das Köpfchen des Metatarsus I seitwärts zur Richtlinie hin um den Betrag von 2,5 mm.

Metatarsus V dreht sich ebenfalls in horizontaler Richtungsebene und zwar im umgekehrten Sinn der Uhrzeigerdrehung, wie die dorso-plantare Aufnahme zeigt um 1,5, 1, 2,5 und beim Plattfuß um 7 Grad. Das proximale Ende des Metatarsus V rückt durch die Drehung um 1,7, 3, 2 und beim Plattfuß um 9,5 mm lateralwärts. Dagegen entfernt sich das distale Ende um 2,5, 3,1, 2,8 und beim Plattfuß sogar um 11 mm von der Richtlinie lateralwärts im Sinne einer Abduktion.

Durch die Belastung spreizen sich die Mittelfußknochen. Der Abstand des Köpfchens von Metatarsus I zum Köpfchen von Metatarsus V vergrößert sich um 0,7, 0,9, 1,3 und beim Plattfuß sogar um 8,5 mm. Die proximalen Enden der Mittelfußknochen rücken in Fall I um 2,1 mm zusammen. In Fall II weichen sie sogar stärker auseinander als die Köpfchen der Mittelfußknochen. Der Betrag ist 3 mm. In Fall III und beim Plattfuß (Fall IV) entfernen sich die proximalen Enden voneinander um 0,6 und 3,2 mm.

Die Köpfchen der Mittelfußknochen III bis V rücken infolge der Belastung um 1—2 mm distalwärts. Das Köpfchen des Mittelfußknochens I strebt fersenwärts. Am stärksten sind diese Verschiebungen auch wieder beim Plattfuß. Es rückt beim Platfuß das Köpfchen des Mittelfußknochens I um 2 mm fersenwärts; das Köpfchen des Mittelfußknochens III schiebt sich um 2,5, Köpfchen IV um 4,2 und Köpfchen V um 6 mm nach vorn.

Die Veränderung der Fußlänge.

Trotz der mannigfaltigen und erheblichen Veränderungen im Knochengefüge des Fußes durch die Belastung nimmt die Fußlänge in Fall III bis V nur um Bruchteile eines Centimeters zu. Der Abstand von der Ferse bis zum Metatarsenköpfchen I wächst bei diesen 3 Fällen nur um 2,8, 3,7 und 1,7 mm. In Fall II verändert sich die Länge des Fußes überhaupt nicht. Der Abstand der Ferse bis zum Köpfchen des Metatarsus I verliert sogar in Fall I um 1,6 mm an Länge. Beim Plattfuß verkürzt sich dazu noch der Abstand von der Ferse bis zum Köpfchen des Metatarsus V um 2 mm. Diese Veränderung spricht wiederum für die Abduktion des Vorfußes beim Plattfuß.

Somit hat der unbeschuhte Fuß bei paralleler Fußstellung infolge der stärkeren Belastung durch das Körpergewicht in seinem Knochengefüge eine wesentliche Umgestaltung erfahren, die aber in dem Augenblick wieder rückgängig wird, wo die Druckbelastung zu wirken aufhört. Die Umgestaltung in dem Knochenmosaik wird aber eine andere, wenn die Bedingungen, unter denen der Fuß wieder belastet wird, andere werden, wie die Belastung des beschuhten Fußes und die Belastung in militärischer Grundstellung.

Der beschuhte Fuß in paralleler Fußstellung verglichen mit dem unbeschuhten Fuß in gleicher Fußstellung.

Die Veränderungen in der Lagebeziehung der Fußknochen durch stärkere Belastung des Fußes mit dem Körpergewicht sind beim beschuhten Fuß andere als beim unbeschuhten. Nicht die raumbeengende Einpassung des Fußes ist allein ausschlaggebend für die abweichende Lageveränderung des beschuhten Fußes vom unbeschuhten, sondern die Lagerung des Fußes auf der schiefen Ebene des Schuhsohlenreliefs ist vielmehr hierfür maßgebend.

Der Unterschied in der Verteilung des Belastungsdruckes auf Ferse und Vorfuß hat durch die Lagerung auf der schiefen Ebene abgenommen. Der Vorfuß wird beim beschuhten Fuß stärker belastet als beim unbeschuhten, die Ferse wird dadurch mehr entlastet.

Folgende Verlagerungen treten beim beschuhten Fuß durch stärkere Belastung im Knochengefüge des Fußes auf.

Die Malleolengabel.

Die Malleolengabel sinkt infolge der Belastung beim beschuhten Fuß um 5,2 mm zur Grundlinie herunter, das ist um 3,2 mm mehr als beim unbeschuhten Fuß. Davon geht aber der Betrag ab, um den die Ferse beim beschuhten Fuß das Sohlenpolster stärker zusammen und dabei seitlich auseinander drängt, und zwar um ungefähr 2 mm. Außerdem rückt die Malleolengabel um 1,5 mm nach vorn. Die Innenrotation der Malleolengabel ist beim beschuhten Fuß stärker als beim unbeschuhten. Dadurch rückt die fibula um 3,5 mm mehr von der Ferse weg nach vorn.

Der Talus.

Die Trochlea tali sinkt um 5 mm, somit 3,5 mm stärker herunter als beim unbeschuhten Fuß, bei dem sie nur um 1,5 mm herabsinkt. Die obere Kante des Taluskopfes neigt sich sogar um den Betrag von 6 mm mehr zur Grundfläche. Dadurch dreht sich der Talus in der Ebene der fibulo-tibialen Filmprojektion um 2,7 Grad stärker als beim unbeschuhten Fuß. Es rückt der Talus um 2,5 mm von der Ferse weg nach vorn. Durch die stärkere Innenrotation des Talus vergrößert sich der Abstand des lateralen Gelenkrandes des Taluskopfes von der lateralen Gelenkkante des Calcaneus in der Articulatio calcaneocuboidea um ca. 1,5 mm.

Der Calcaneus.

Der Calcaneus nähert sich infolge der Belastung beim beschuhten Fuß um 3,5 mm und mit dem vorderen Endstück um 2,1 mm der Grundfläche. Bei demselben unbeschuhten Fuß senkt sich die Ferse bei der Belastung um 1,5 mm, das vordere Endstück hebt sich aber um 0,8 mm. Dadurch dreht sich der Calcaneus des beschuhten Fußes in der fibulo-tibialen Aufnahme im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers nur um 0,5 Grad, während der Calcaneus beim unbeschuhten Fuß sich um 1 Grad dreht. Da beim beschuhten Fuß sich das vordere Endstück des Calcaneus neigt, verringert sich die Schattenüberlagerung vom Taluskopf und dem vorderen Endstück des

Calcaneus in vertikaler Richtung um 2,8 mm stärker als beim unbeschuhten Fuß. Ferner wird die Projektion des Sinus tarsi bei der fibulo-tibialen Aufnahme in sagittaler Richtung um 5 mm verengt, beim beschuhten Fuß dagegen nur um 1,5 mm.

Das Naviculare.

Auch das Os naviculare tritt beim beschuhten Fuß stärker herunter als beim unbeschuhten. Die Drehung des Naviculare ist dagegen geringer. Beim beschuhten Fuß sinkt der obere Gelenkrand des Taluskopfes um 8,5 mm, der ihm entsprechende Gelenkrand des Kahnbeins um 6 mm herunter. Beim unbeschuhten Fuß betragen die Veränderungen für den Gelenkrand des Taluskopfes 2,5 mm und für das Kahnbein 2 mm. Es scheren sich die Gelenkränder beim unbeschuhten Fuß nur um 0,5 mm, beim beschuhten Fuß dagegen um 2,5 mm aneinander vorbei.

Eine Verengerung des dorsalen Gelenkspaltes in der Articulatio talonavicularis läßt sich mit Sicherheit nicht feststellen, ebensowenig wie eine Verbreiterung im plantaren Abschnitt desselben.

Das Cuboid.

Während beim unbeschuhten Fuß das Os cuboideum sich durch die Belastung um 1,4 mm vom Boden hebt, senkt sich das Cuboid beim beschuhten Fuß um 1,7 mm. Dadurch, daß das vordere Ende des Calcaneus sich beim beschuhten Fuß auch senkt, nähert sich der plantare Gelenkrand des Fersenbeins dem des Würfelbeins in der Articulatio calcaneocuboidea um 0,3 mm stärker als beim unbeschuhten Fuß. Es verringert sich der Kantenabstand beim unbeschuhten Fuß um 0,8 mm, beim beschuhten Fuß dagegen um 1,1 mm.

Eine Verengerung des lateralen und plantaren Abschnittes im Gelenkspalt der Articulatio calcaneocuboidea konnte ich beim unbeschuhten Fuß nicht feststellen. Beim beschuhten Fuß tritt dagegen durch die Belastung in paralleler Fußstellung eine Verengerung im plantaren und lateralen Gelenkspalt um Bruchteile eines Millimeters auf.

Die Keilbeine treten ebenfalls beim beschuhten Fuß stärker herab als beim unbeschuhten. Der Metatarsus I neigt sich beim beschuhten Fuß mit dem proximalen Ende stärker herunter als beim unbeschuhten Fuß, bei dem das

distale Ende stärker herabtritt. Die Tuberositas metatarsi V hebt sich beim unbeschuhten Fuß um 5 mm, beim beschuhten Fuß nur um 3,9 mm vom Boden.

Die Veränderung der Fußlänge.

Während ich bei der Untersuchung des unbeschuhten Fußes eine Verkürzung der Fußlänge von 1,6 mm als Folge der Belastung fand, konnte ich bei demselben, aber beschuhten Fuß eine Zunahme des Abstandes von der Ferse bis zum Köpfchen des Metatarsus I von 2,5 mm feststellen. Der Vorfuß verbreitert sich in Höhe der Köpfchen der Mittelfußknochen beim beschuhten Fuß etwas stärker als beim unbeschuhten und zwar um ½ mm.

Der beschuhte und unbeschuhte Fuß in militärischer Grundstellung verglichen mit demselben beschuhten und unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung.

Von einem Soldaten machte ich, wie schon anfangs erwähnt, noch Aufnahmen bei militärischer Grundstellung, und zwar filmte ich sowohl den beschuhten, als auch den unbeschuhten Fuß. Hierbei veranlaßte ich den Soldaten, sein Hauptkörpergewicht auf den zu untersuchenden Fuß zu verlagern. Diese Röntgenbilder, verglichen mit den Filmen desselben, belasteten Fußes in paralleler Fußstellung ergaben nur geringe Abweichungen von den Veränderungen im Knochengefüge, doch unterscheidet sich auch das Knochenbild des beschuhten von dem des unbeschuhten Fußes.

Die Malleolengabel.

Bei militärischer Grundstellung tritt infolge der Belastung die Malleolengabel des beschuhten Fußes um 0,5 mm und die des unbeschuhten Fußes um 0,8 mm tiefer als bei paralleler Fußstellung. Die Innenrotation der Malleolengabel ist auch bei militärischer Grundstellung stärker. Die Fibula rückt dadurch um 0,5 mm bei beschuhtem Fuß und um 1 mm bei unbeschuhtem Fuß von der Ferse weg nach vorn.

Der Talus.

Beim unbeschuhten Fuß neigt sich der Taluskopf bei militärischer Grundstellung um weitere 2 mm nach unten. Beim beschuhten Fuß dagegen rotiert der Taluskopf stärker einwärts und entfernt sich dadurch mit seiner lateralen Gelenkkante um ca. 1 mm stärker medialwärts vom Calcaneus weg.

Der Calcaneus.

Das vordere Endstück des Calcaneus sinkt beim beschuhten Fuß noch um 1 mm tiefer. Der vertikale Durchmesser des vorderen Endstückes vergrößert sich dagegen beim unbeschuhten Fuß noch um 0,7 mm. Die Vergrößerung des Durchmessers deutet auf eine weitere Pronationsbewegung hin.

Das Naviculare.

Das Naviculare tritt beim unbeschuhten Fuß um 1 mm tiefer. Beim beschuhten Fuß dagegen dreht sich das Naviculare, wie die fibulo-tibiale Aufnahme zeigt, um 1 Grad mehr.

Die Articulatio talonavicularis.

Die sich entsprechenden, dorsalen Gelenkränder des Taluskopfes und der Pfanne des Os naviculare entfernen sich beim unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung um 0,5 mm, bei Grundstellung um 0,9 mm und beim beschuhten Fuß in paralleler Fußstellung um 0,6 mm, bei Grundstellung um 2 mm. Dabei rückt die dorsale Gelenkkante des Taluskopfes tiefer als die des Kahnbeins. Ferner scheint es, als ob der Gelenkspalt in der Articulatio talonavicularis sich bei der Grundstellung verschmälert, doch handelt es sich nur um Bruchteile eines Millimeters. Es ist nicht klar ersichtlich, ob dabei der dorsale Abschnitt sich stärker verengt, als der plantare.

Das Cuboid.

Während das Os cuboideum des unbeschuhten Fußes bei paralleler Fußstellung um 1,4 mm dorsalwärts rückt, rückt es

bei militärischer Grundstellung nur um 0,4 mm nach oben. Beim beschuhten Fuß senkt es sich dagegen statt um 1,7 mm, nur um 1,5 mm.

Articulatio calcaneocuboidea.

Der Gelenkspalt der Articulatio calcaneocuboidea verschmälert sich bei militärischer Grundstellung im plantaren Abschnitt beim beschuhten Fuß stärker als beim unbeschuhten. Die plantaren Gelenkkanten nähern sich beim unbeschuhten Fuß von 2 mm Abstand auf 1,5 mm, beim beschuhten Fuß dagegen von 3 mm auf 1 mm. Der laterale Abschnitt des Gelenkspaltes verengert sich um Bruchteile eines Millimeters. Die Verengerung des plantaren Gelenkspaltes kommt auch durch die stärkere Drehung des Würfelbeins von 0,5 Grad in der Richtung der sagittalen Ebene zum Ausdruck. Die Verengerung des lateralen kommt durch die stärkere, relative Außenrotation zustande. Die stärkere Außenrotation bewirkt auch, daß das Würfelbein beim unbeschuhten Fuß um 2 mm, beim beschuhten Fuß sogar um 3,5 mm lateralwärts herausrückt.

Die Cuneiformia.

Der Metatarsus V und I.

Beim unbeschuhten Fuß in militärischer Grundstellung sinken die Ossa cuneiformia um ca. 1,5 mm stärker herunter als beim unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung. Metatarsus V dreht sich mit dem proximalen Ende statt um 6 mm nur um 3 mm aufwärts.

Durch die Belastung des beschuhten Fußes in Grundstellung wird der Vorfuß stärker abduziert als beim beschuhten Fuß in paralleler Fußstellung und auch stärker als der unbeschuhte Fuß. Bei der Abduktion nähert sich das proximale Ende des Metatarsus V bei Grundstellung um 1 mm, bei paralleler Fußstellung dagegen nur um 0,5 mm dem Calcaneus. Metatarsus I rückt mit dem Köpfchen um 2 mm weiter nach außen. Metatarsus V weicht mit dem distalen Ende auch um 2 mm, mit dem proximalen Ende um 3 mm weiter lateralwärts aus. Durch die stärkere Abduktion verringert sich der Abstand des Köpfchens von Metatarsus I zum Metatarsus II in sagittaler Richtung um 2,5 mm.

Während die Fußlänge beim unbeschuhten Fuß durch die Belastung abnimmt, (denn der Abstand von der Ferse bis zum Köpfchen des Mittelfußknochens I verringert sich beim unbeschuhten Fuß in paralleler Fußstellung und militärischer Grundstellung um 1,5 mm) wird der Abstand zwischen Ferse und Metatarsusköpfchen I beim beschuhten Fuß in paralleler Fußstellung um 2 mm und in militärischer Grundstellung um 2,5 mm größer.

Zusammenfassend kann man verallgemeinernd sagen, daß die Verlagerung der Fußknochen in ihrem Verband beim beschuhten und unbeschuhten Fuß durch die Belastung in militärischer Grundstellung stärker sind als bei Belastung des Fußes in paralleler Fußstellung. Doch sind die Unterschiede sehr gering. Am auffälligsten ist die Abduktion der Mittelfußknochen des beschuhten Fußes, wodurch eine laterale Einknickung zustande kommt, die sich durch eine Annäherung des proximalen Endes des Mittelfußknochens V an das Cuboideum und an den Calcaneus anzeigt. Der Abstand von der Ferse bis zum Köpfchen des Mittelfußknochens I vergrößert sich ebenfalls durch die Abduktion. Dieses bedeutet aber eine Zunahme in der Länge des beschuhten Fußes von 2,5 mm. Dagegen verringert sich die Fußlänge bei demselben unbeschuhten Fuß sowohl in paralleler Fußstellung als auch in militärischer Grundstellung um 1,5 mm.

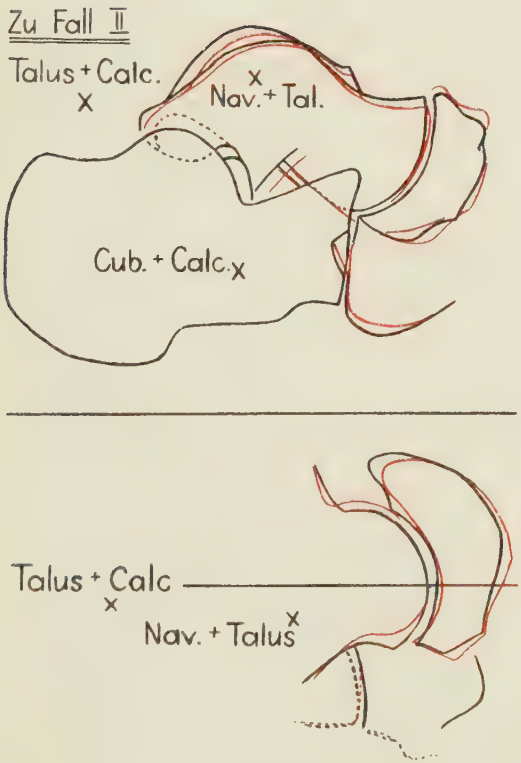
Von einer Abflachung des Fußes kann man wohl nicht ohne weiteres sprechen; der Vorfuß macht vielmehr eine Pronationsbewegung, wobei die mediale Fußknochenreihe, bestehend aus dem Naviculare, Cuneiforme und Metatarsus I, sich mehr oder weniger gleichmäßig senkt. Die laterale Fußknochenreihe, die aus dem Cuboid und Metatarsus V besteht, hebt sich dagegen proximal vom Boden. Der Calcaneus richtet sich bei normal gebautem Fuß durch die Belastung im allgemeinen mit dem vorderen Endstück auf, während er sich beim Plattfuß mit dem vorderen Endstück stärker senkt als mit der Ferse. Der Talus dagegen übertreibt beim Plattfuß die Bewegungen des normal gebauten Fußes in stärkstem Maße, und es tritt bei ihm ebenfalls eine Abduktion des Vorfußes bei der Belastung auf, genauso wie bei beschuhtem, normalen Fuß in militärischer Grundstellung.

Während eine Verengerung oder Erweiterung des Gelenkspaltes in der Articulatio talonavicularis bei Belastung des unbeschuhten Fußes in paralleler Fußstellung oder in militärischer Grundstellung und bei Belastung des beschuhten

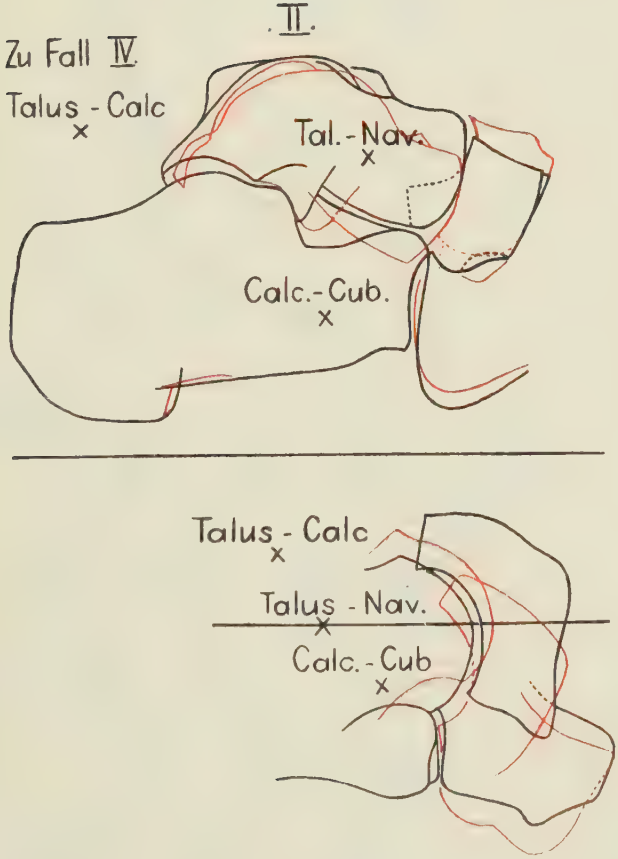
Fußes in paralleler Fußstellung nicht auftritt, ist es nicht ganz sicher, ob eine Verschmälerung dieses Gelenkspaltes bei beschuhtem Fuß in militärischer Grundstellung zustande kommt. Dagegen wird der Gelenkspalt der Articulatio cuboidea des beschuhten und auch des unbeschuhten Fußes bei der Belastung in militärischer Grundstellung wider Erwarten im plantaren und auch im lateralen Abschnitt verschmälert. Ebenso treten beim beschuhten Fuß in paralleler Stellung im lateralen und plantaren Gelenkabschnitt geringe Verschmälerungen auf. Das gleiche gilt beim Plattfuß für den lateralen Abschnitt des Gelenkspaltes in der Articulatio calcaneo cuboidea.

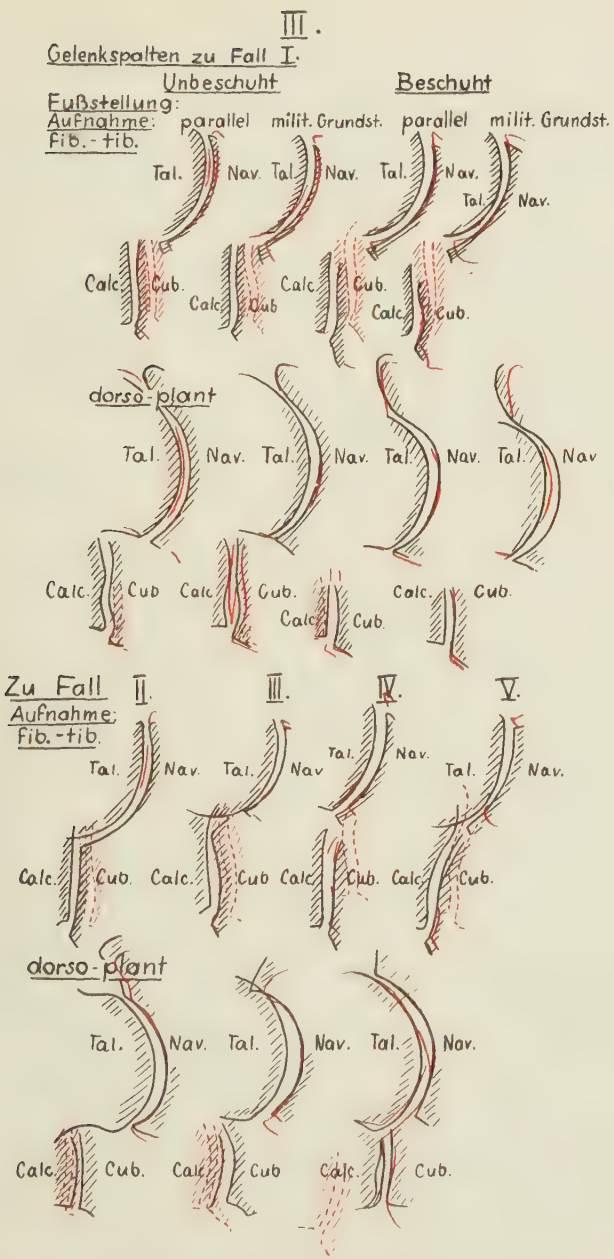
Aus meinen Ausführungen kann man wohl ersehen, daß die Vorgänge, die bei der Belastung des Fußes im Mosaik des Knochengefüges auftreten, sehr mannigfaltig, aber keineswegs unerfaßbar sind, da die Röntgenographie uns eine sichere Untersuchungsmethode in die Hand gibt. Mit Mühe und Geduld kann man, wenn auch nur Schritt für Schritt, die komplizierten Vorgänge im Knochengefüge aufklären. Wenn auch die vorliegende Arbeit infolge der kleinen Anzahl der Untersuchungsfälle nur einen Beitrag zur Klärung des Fußgebildes geben kann, so glaube ich doch einige wichtige Fragen beantwortet und einige irrige Ansichten richtig gestellt zu haben, wie zum Beispiel auch die Auffassung von Baisch, daß der Talus sich um eine Achse drehe. Ich habe mich bemüht, die Wirkung der Belastung auf die einzelnen Knochen durch Berechnungen und Zeichnungen genau zu bestimmen. Zwar sind die einzelnen Veränderungen manchmal nur geringe, aber sie gehören doch in das Gesamtbild und zeigen uns die Richtung, in der ihre Bewegung hinstrebt. Die Summe all der geringen Veränderungen ergibt eben die Umwandlung in dem Knochenmosaik des Fußes, die aber in dem Augenblick wieder rückgängig wird, wo der Belastungsdruck aufhört zu wirken.

I.



Schwarze Kontur: unbelasteter Zustand.
Rote Kontur des Talus gehört zur schwarzen Kontur des Calcaneus und stellt den relativen Belastungszustand dar, ebenso gehört die rote Kontur des Os naviculare zur schwarzen Kontur des Talus und ferner die rote Kontur des Os cuboideum zur schwarzen Kontur des Calcaneus. Die ungefähre Lage der relativen Drehpunkte sind für die entsprechenden Projektionsebenen eingezeichnet.


II.
Zu Fall IV.
Talus - Calc
Tal. - Nav.
Calc. - Cub.
Talus - Calc
Talus - Nav.
Calc. - Cub



Gelenkspalten der Articulatio talonavicularis und der Articulatio calcaneocuboidea bei unbeschuhtem und beschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung und militärischer Grundstellung.

Schwarze Konturen: unbelasteter Zustand. Rote Konturen: belasteter Zustand. Die rote gestrichelte Kontur des Gelenkspaltes der Art. calcaneocuboidea gehört zum Belastungszustandsbild des Gelenkspaltes der Art. talonavicularis.

Tabelle I.

Belastungsergebnisse bei unbeschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung.

Fall	I	II	III	IV	V	
Sohlenpolster						
Dickenabnahme unter d. Ferse	1,5	4,0	2,5	3,5	1,5	mm
Malleolengabel						
senkt sich	2,0	5,9	4,4	8,7	9,0	mm
Differenz	0,5	1,9	1,9	5,2	7,5	mm
Malleolengabel						
rückt nach vorn	0,0	1,0	3.0	4,7	3,0	mm
Tibia						
rückt auf der Trochlea						
nach vorn	0,0	0,5	1,0	0,7	0,0	mm
Fibula						
rückt weiter nach vorn	5,0	2,5	2,5	7,0	9,0	mm
Talus						
rückt nach vorn	0,0	0,5	2,0	4,0	3,0	mm
Trochlea						
sinkt herab	1,5	5,4	4,5	8,3	6,0	mm
Taluskopf						
senkt sich	2,5	7,8	7,4	15,0	10,5	mm
Drehung des Talus in						
sagittaler Richtung	2,0	5,0	4,0	10,0	6,0	Grad
Abnahme des sagittalen						
Durchmessers	0,5	1,5	1,5	5,0	2,0	mm
des vertikalen Durchmessers	0,6	1,0	0,8	4,0	1,5	mm
Abstand zwischen den lateralen Gelenkkanten des Taluskopfes und des vorderen Endstückes vom Calcaneus	+0,5	3,8	2,0	10,0	—	mm
Innenrotation	4,5	5,0	7,0	26,0	—	Grad

Tabelle I.

Belastungsergebnisse bei unbeschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung.

Fall	I	II	III	IV	V	
Calcaneus						
Der Tuber senkt sich	1,5	4,0	2,5	3,5	1,5	mm
Untere Gelenkkante der Articulatio cuboidea senkt sich	— 0,8	+2,0	4,0	5.0	5,0	mm
dreht sich in sagittaler Richtung bei fibulo-tibialer Ansicht, Fall I und II dem Uhrzeigerdrehungssinn entgegen, Fall III, IV und V im Uhrzeigerdrehungssinn	1,0	0,5	1,5	1,9	2,5	Grad
Innenrotation	3,0	0,7	3,5	15,0	—	Grad
Calcaneus und Talus						
drehen sich zueinander in sagittaler Richtung um	3,0	4,5	2,5	8,0	3,5	Grad
in horizontaler Richtung um	1,5	4,3	3,5	11,0	—	Grad
Überlagerung der oberen Kante des Calcaneus in der vorderen Gelenkfläche durch den Talus	+2,0	2,5	1,2	6,5	3,0	mm
Naviculare						
Zunahme des vertikalen Durchmessers	2,0	2,7	1,2	6,8	2,5	mm
senkt sich um	2,0	5,8	6,2	11.0	9,0	mm
Drehung in sagitt. Richtung bei fib.-tib. Ansicht im Uhrzeigerdrehungssinn	1,3	0,5	1,0	0,5	3.0	Grad
Innenrotation	2,5	1,0	2,7	5,0	—	Grad
Talus zum Naviculare						
obere Gelenkkanten verschieben sich um	0,5	1,8	1,7	4,5	1,5	mm
drehen sich zueinander in sagittaler Richtung	0,7	4,5	3,0	9,5	3,0	Grad
Innenrotation geringer	2,0	4,0	4,3	21,0	—	Grad
Cuboid						
senkt sich	— 1,4	+2,0	2,3	2,7	3,5	mm
Drehung in sagitt. Richtung für Fall II im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers	0,5	2,0	4,5	1,0	4,0	Grad
rückt lateralwärts	2,0	2,0	3.0	8,8	—	mm
Drehung in horizontaler Richtung	2,5	2,0	1,5	5,0	—	Grad

Tabelle I.

Belastungsergebnisse bei unbeschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung.

Fall	I	II	III	IV	V	
Cuneiformia I						
senkt sich	2,0	5,5	5,2	13,0	7,5	mm
Cuneiformia II						
senkt sich	1,0	4,7	4,6	10,5	6,0	mm
Drehung in sagitt. Richtung bei fib.-tib. Ansicht im umgekehrten Drehungssinn des Uhrzeigers	2,0	0,3	0,5	2,0	2,5	Grad
vertikaler Durchmesser nimmt zu	2.0	0,0	0,4	13,8	1,0	mm
rückt lateralwärts						
proximales Ende	0,9	1,9	2,0	8,0	—	mm
distales Ende	0,2	0,3	2,0	4,5	—	mm
dreht sich bei dorsoplantarer Ansicht im umgek. Uhrzeigerdrehungssinn	1,5	1,0	2.5	10,0	—	mm
Metatarsus I						
sinkt mit der Basis	2,0	4,4	4,3	9.0	12,0	mm
mit dem Köpfchen	3,5	0,5	1,5	4.5	4,0	mm
dreht sich in sagitt. Richtung, Fall I im Drehungssinn	1,5	2,0	2,5	6,0	4,0	Grad
Metatarsus V						
rückt aufwärts in Fall I und II, senkt sich in Fall III, IV und V mit der Tuberositas	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	mm
Metatarsus I						
dreht sich in horizontaler Richtung, Fall I im Uhrzeigerdrehungssinn	1,4	0,5	1,5	4,0	—	Grad
Basis rückt lateralwärts	1.0	0.0	0,7	1,0	-	mm
Köpfchen rückt lateralwärts	2,5	—	—	—	—	mm
Köpfchen rückt medialwärts	—	—	0,4	2,0	—	mm

Tabelle I.

Belastungsergebnisse bei unbeschuhtem Fuß in paralleler Fußstellung.

Fall	I	II	III	IV	V	
Metatarsus V dreht sich in horizontaler Richtung im umgek. Drehungssinn des Uhrzeigers	1,5	1,0	2,5	7,0	—	Grad
rückt proximal lateralw.	1,7	3,0	2,0	9,5	–	mm
rückt distal lateralw.	2,5	3,1	2,8	11,0	—	mm
Köpfchenabstand zwischen M. I und M. V nimmt zu	0,7	0,9	1,3	8,5	—	mm
Basisabstand zwischen M. I und M. V nimmt zu	— 2,1	+3,0	0,6	3,2	—	mm
Fußlänge Abstand zwischen Ferse und Köpfchen des M. I nimmt zu	— 1,6	0,0	+2,8	+3,7	+1,7	mm
Ferse und M.-Köpfchen V nimmt ab	—	—	—	2,0	2,0	mm

Tabelle II.

Belastungsergebnisse des beschuhten und unbeschuhten Fußes in paralleler Fußstellung.

Fall I.	besch. F.	unbesch. F.	Differenz	
Sohlenpolster nimmt unter der Ferse ab	3,5	1,5	2,0	mm
Malleolengabel sinkt herab	5,0	2,0	3,0	mm
rückt nach vorn	1,5	0,5	1,0	mm
Fibula rückt weiter nach vorn = stärkere Innenrotation	8,5	5,0	3,5	mm
Talus Trochlea senkt sich	5,0	1,5	3,5	mm
obere Kante des Taluskopfes senkt sich	8,5	2,5	6,0	mm
= dreht sich stärker in sagittaler Richtungsebene mit dem Kopf nach unten	5,0	2,3	2,7	Grad

rückt nach vorn	2,5	0,1	2,4	mm
Die lateralen Gelenkkanten des Taluskopfes und der vorderen Gelenkfläche des Calc. entfernen sich stärker relative Innenrotation Calc.: Tal.	2,0	0,5	1,5	Grad
Calcaneus				
Tuber senkt sich	3,5	1,5	2,0	mm
vorderes Endstück senkt sich	+2,1	— 0,8	2,9	mm
dreht sich in sagitt. Richtung mit dem vorderen Endstück beim beschuhten Fuß nach unten, beim unbeschuhten nach oben	2,0	0,3	2,3	Grad
Naviculare				
obere Kante der hinteren Gelenkfläche senkt sich	6,0	2,0	4,0	mm
(Talus)	8,5	2,5	6,0	mm
Abstand der oberen Gelenkkanten in der Art. Calc. navic.	von 2,0	auf 0.6	v. 0,0 auf 0,5	mm
Cuboideum senkt sich	+1,7	— 1,4	3,1	mm
(Calcaneus senkt sich vord. Endst.	+2,1	— 0,8	2,9	mm
plantare Gelenkkanten des Calc. und Cuboids nähern sich um	1,1	0,8	0,3	mm
Cuneiforme I senkt sich	6,2	2,0	4,2	mm
Cuneiforme II senkt sich	5,0	1,0	4,0	mm
Metatarsus I prox. senkt sich	5,5	2,0	3,5	mm
Metatarsus dist. senkt sich	5,0	3,6	1,4	mm
Metatarsus V prox. hebt sich	3,9	6.0	2,1	mm
Metatarsus V prox. rückt lateralw.	1,5	1,7	0,2	mm
Abstand von der Ferse bis Köpfchen Metatarsus I	+2,0	— 1,5	3,5	mm

Tabelle III.

Belastungsergebnisse des beschuhten Fußes bei paralleler Fußstellung und militärischer Grundstellung.

Fall I. Fußstellung:	besch. F. parall.	besch. F. milit.	unbesch. F. parall.	unbesch. F. milit.	
Malleolengabel sinkt herab	5,0	5,5	2,0	2,8	mm
Fibula rückt weiter nach vorn	8,5	9,0	5,0	6,0	mm
Talus Trochlea senkt sich	5,0	5,0	1,5	2,0	mm
obere Kante des Taluskopfes senkt sich	8.5	8,0	2,5	4,5	mm
rückt nach vorn	2,5	2,7	0,0	0,0	mm
stärkere Innenrotation					
Calcaneus Tuber senkt sich	3,0	3,0	1,0	1,0	mm
vorderes Endstück senkt sich	2,3	3,3	0,5	0,5	mm
Naviculare Kante der oberen, hinteren Gelenkfläche senkt sich	6,0	6,0	2,0	3,0	mm
stärkere Innenrotation		+1,0			Grad
Cuboideum senkt sich	1,7	1,5	—1,4	—0,4	mm
plantare Gelenkkanten des Calc. u. Cuboids nähern sich in vertikaler Richtung	1,1	2,1	0,8	1,3	mm
rückt lateral	2,0	5,5	2,0	4,0	mm
Cuneiforme senkt sich	5,0	4,8	1,0	2,5	mm
Metatarsus I prox.	5,3	5,2	2,0	3,0	mm
Metatarsus I dist.	5,0	5,0	3,5	3,5	mm
Metatarsus V prox.	4,0	4,0	6,0	3,0	mm
Metatarsus V rückt lateral mit der Tuberositas	1,0	4,5	2,5	3,0	mm
Abstand zwischen Ferse und Köpfchen von Metatarsus I	+2,0	+2,5	—1,5	—1,5	mm

Literaturverzeichnis.

Engels: Über den normalen Fuß und den Plattfuß. Untersuchungen über Bau und Funktion des normalen Fußes. Zeitschrift für orthopädische Chirurgie. Band XII, 1904, S. 489.

Baisch: Bau und Mechanik des normalen Fußes und Plattfußes. Beitrag zur Kenntnis derselben auf Grund von Röntgenuntersuchungen. Zeitschrift für orthopädische Chirurgie. Band XXXI, 1913, S. 222, 226, 228, 245, 246.

Hohmann: Fuß und Bein, ihre Erkrankung und Behandlung. München, J. F. Bergmann, 1923. S. 4, 10, 11.

Lebenslauf.

Ich wurde geboren am 27. November 1906 zu Dortmund-Dorstfeld (Westfalen) als Sohn des Konrektors Rudolf Sebald und seiner Ehefrau Wilhelmine geb. Kleffner. Nach Besuch der Volksschule und des Realgymnasiums zu Dortmund-Hörde, erhielt ich im März 1929 das Reifezeugnis. Ich widmete mich dem medizinischen Studium und besuchte die Wilhelmsuniversität zu Münster, woselbst ich nach fünfsemestrigem Studium im Sommer 1931 mein ärztliches Vorexamen mit dem Prädikat „gut" bestand. Von den klinischen Semestern war ich das Semester Winter 1931/32 und das Semester Winter 1932/33 in Innsbruck und das Sommersemester 1932 an der Universität in Rostock immatrikuliert. Die letzten drei Semester studierte ich wieder an der Universität in Münster. Mein Staatsexamen habe ich am 22. Dezember 1934 an der Westfälischen Wilhelmsuniversität zu Münster mit dem Prädikat „gut" bestanden. Ich bin jetzt Medizinalpraktikant am Städtischen Krankenhaus zu Dortmund an der medizinischen Abteilung.